

# Etude de la distribution d'un fertilisant azoté chez le cocotier hybride PB 121, par l'utilisation d'azote 15

## *Fertilizer nitrogen distribution in coconut hybrid PB 121, using $^{15}\text{N}$*

S. BRACONNIER<sup>(1)</sup>, N. ZAKRA<sup>(1)</sup>, R. WEAVER<sup>(2)</sup>, M. OUVRIER<sup>(3)</sup>

**Résumé.** — De l'azote 15 a été apporté à 4 cocotiers âgés de 4 ans. Après 3,5 mois, les parties aériennes ont été récoltées, et la répartition de la matière sèche, la distribution de l'azote total et de l'azote marqué ont été déterminées. Les feuilles représentaient plus de la moitié du poids sec, et plus des deux tiers de l'azote total. Les organes en croissance représentaient des puits importants pour l'azote. De l'azote marqué était contenu dans toutes les parties du cocotier, à l'exception de la toile et des spathes sèches, témoignant d'une circulation de l'azote à travers toute la plante. Peu d'azote provenant de la fertilisation était distribué dans les régimes mûrs, montrant que la nutrition azotée de l'albumen provient principalement de la bourre et de la coque. Ainsi une fertilisation azotée n'influencera la production que 8 à 10 mois après épandage.

**Mots clés.** — Hybride PB121, matière sèche, distribution de l'azote total, azote 15, nutrition azotée de l'albumen.

**Summary.** — Isotopically labelled nitrogen fertilizer was applied to four year-old coconut trees. After 3.5 months, aerial parts of the trees were harvested and partitioning of dry matter, total nitrogen and labelled nitrogen determined. Leaves contained more than half of the dry weight, and more than two thirds of total nitrogen. Developing organs were considerable sinks for nitrogen. Labelled nitrogen was contained in all parts of the coconut, except stipules and dry spathes, and indicates nitrogen circulation throughout the tree. Little fertilizer N was distributed into mature bunches and shows that the nitrogen nutrition of the meat comes mainly from the husk and shell. Thus nitrogen fertilization would only influence production 8 to 10 months after fertilizer application.

**Key words.** — Hybrid PB121, dry matter, total nitrogen distribution,  $^{15}\text{N}$ , nitrogen nutrition of coconut meat.

### INTRODUCTION

L'azote joue un rôle essentiel chez les végétaux. Il est indispensable en tant que constituant des aminoacides, des protéines et des acides nucléiques. Chez le cocotier, l'azote a surtout été étudié pour son aspect nutritionnel. Ainsi, des essais de fertilisation ont permis de déterminer son niveau critique (Brunin *et al.*, 1975; Manciot *et al.* I, II, 1979; Manciot *et al.*, 1980; Ollagnier and Wahyuni, 1984).

Quelques études ont également porté sur les exportations dues à la récolte (Pilai et Davies, 1963; Ouvrier et Ochs, 1978) et la composition minérale du cocotier (Ouvrier, 1982, 1990). Néanmoins, il nous a paru souhaitable d'acquiescer davantage d'informations sur la nutrition azotée, en particulier sur la nature des mouvements d'azote dans la plante et les différents puits notamment lors de la maturation des fruits. Pour cela, l'utilisation de l'isotope stable  $^{15}\text{N}$  nous a semblé un outil puissant pour répondre à nos questions.

Les résultats présentés ici ont été obtenus à l'issue de deux expérimentations quasi-identiques, portant chacune sur deux cocotiers. Cependant, compte tenu de la grande similitude des résultats des deux essais, seuls les résultats du second essai seront présentés.

### INTRODUCTION

Nitrogen plays a key role in plants. It is essential as a component of amino acids, proteins and nucleic acids. In coconut, nitrogen has especially been studied for its effects on plant nutrition. Fertilization trials have led to determination of its critical level (Brunin *et al.*, 1975; Manciot *et al.* I, II, 1979; Manciot *et al.*, 1980; Ollagnier and Wahyuni, 1984).

Several studies have been concerned with the removal of nutrients by nut harvesting (Pillai and Davis, 1963; Ouvrier and Ochs, 1978), and the mineral composition of coconut (Ouvrier, 1982, 1990). It seemed desirable to obtain more information on nitrogen nutrition, especially about its circulation in the plant and the different sinks, particularly during fruit ripening. For this, using stable isotope  $^{15}\text{N}$  seemed to be a powerful method for providing answers to our questions.

The results presented here were obtained from two similar experiments, each with two coconut trees. As the results were quite similar, only those of the second experiment will be presented.

(1) IRHO station cocotier Marc Delorme - 07 BP 13 - Abidjan 07 - Côte-d'Ivoire.

(2) Department of Soil and Crop Sciences - College Station - Texas A & M University - TX 77843 - USA

(3) IRHO plantation expérimentale R. Michaux - BP08 - Dabou - Côte-d'Ivoire

(1) IRHO cocotier station Marc Delorme - 07 BP 13 - Abidjan 07 - Côte-d'Ivoire

(2) Department of Soil and Crop Sciences - College Station - Texas A & M University - TX 77843 - USA

(3) IRHO plantation expérimentale R. Michaux - BP08 - Dabou - Côte-d'Ivoire

## MATERIEL ET METHODE

L'essai CC 46 (de Taffin *et al.*, 1991) a servi de support à notre étude. Il est implanté sur le littoral sud-est de la Côte-d'Ivoire, près d'Assinie. Les sols sont sableux (98% de sables quaternaires), contenant seulement 0,83% de matière organique, et ayant un pH d'environ 6,4.

Deux cocotiers hybrides PB 121 (Nain Jaune Malaisie × Grand Ouest Africain) âgés de 4 ans ont été sélectionnés. Ces arbres étaient déjà en production. A la fin de la grande saison des pluies (16 juin 90), 200 g de sulfate d'ammonium contenant 42 g d'azote enrichis à 10% de  $^{15}\text{N}$  ont été épandus en solution au pied de chaque bulbe. Une dose supplémentaire d'azote non marqué (400 g d'urée à 46% d'azote, sous forme cristalline) a ensuite été appliquée, sur un cercle de 2 m de rayon autour de chaque arbre.

Après 3 mois et demi, chaque cocotier a été récolté. La pluviométrie enregistrée durant cette période a été de 251, 52, 24 et 49 mm respectivement pour la seconde quinzaine du mois de juin et les mois de juillet août et septembre.

La méthode de récolte et d'échantillonnage suivie est celle utilisée par Ouvrier (1984). Elle consiste à récolter séparément le stipe, la flèche, les spathe sèches, les spathe vertes, chaque régime et chaque feuille. Un échantillon de racines a également été prélevé. Le poids frais de chaque partie, a été mesuré, puis un sous-échantillon a été prélevé pour déterminer le poids sec et analyser les teneurs en azote total (Nelson et Sommers, 1973). Pour les palmes, le dosage de l'azote a été réalisé sur les feuilles de rang 1, 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39 et 44. Pour les régimes, l'analyse portait sur un échantillon combiné de chaque partie (bourre + coque, pédoncule + épillet, albumen) provenant de chaque noix. Les teneurs en  $^{15}\text{N}$  ont été déterminées par analyse au spectromètre de masse (Buresh *et al.*, 1982).

## RESULTATS ET DISCUSSION

Le poids sec ainsi que la distribution de l'azote total et de l'excès isotopique des différentes parties aériennes sont reportés au tableau I. Comme il n'a pas été possible d'échan-

## MATERIAL AND METHOD

*Trial CC 46 (de Taffin et al., 1991) was used as a support for our study. It is located on the southeast coast of Côte-d'Ivoire, near Assinie. The soils are sandy (98 % quaternary sand), with only 0.83 % organic matter and a pH of 6.4.*

*Two hybrid coconuts PB 121 (Malaysian Yellow Dwarf × West African Tall) aged 4 years were chosen. These trees were already yielding. At the end of the "long" rainy season (June 16th, 1990), 200 g of ammonium sulfate containing 42 g of nitrogen enriched with 10%  $^{15}\text{N}$ , were applied in solution form, to the base of each tree. An additional rate of non-labelled nitrogen (400 g of urea in crystal form with 46 % nitrogen) was applied in a 2 m circle around the base of each tree.*

*Trees were harvested 3.5 months later. The recorded rainfall was 251, 52, 24 and 49 mm for the last fortnight in June, and the months of July, August and September respectively.*

*The method described by Ouvrier (1984) was used for harvesting and sampling the coconuts. It consisted in collecting the stem, spear, dry spathe, green spathe, each bunch and each leaf separately. A root sample was also taken. The fresh weight of each sample was recorded, and subsamples were taken for dry weight determinations and total nitrogen analysis (Nelson and Sommers, 1973). For leaves, nitrogen analysis was performed only on leaf numbers 1, 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39 and 44. For bunches, analysis was on combined samples collected from each part of each nut in the bunch (husk + shell, peduncle + spikelet, meat). An isotope ratio mass spectrometer was used to measure  $^{15}\text{N}$  contents (Buresh et al., 1982).*

## RESULTS AND DISCUSSION

*Dry weight, total nitrogen distribution and  $^{15}\text{N}$  excess in different aerial parts are shown in table I. As it was impossible to sample all the leaves, total N and  $^{15}\text{N}$  excess in the leaves were calculated assuming that leaves 2-3, 5 to 8, 10*

TABLEAU I. — Répartition de la matière sèche (PS), de l'azote total (Ntot.) et de l'excès isotopique ( $^{15}\text{N}_{\text{exc}}$ ) dans les deux cocotiers. — (Distribution of dry matter - PS -, total nitrogen -Ntot. - and isotopic excess -  $^{15}\text{N}_{\text{exc}}$  - in two coconut palms)

	Cocotier 2602 (Coconut)				Cocotier 3202 (Coconut)			
	PS (kg)	Ntot. (g)	$^{15}\text{N}_{\text{exc}}$ . (mg)	% $^{15}\text{N}_{\text{exc}}$	PS (kg)	Ntot. (g)	$^{15}\text{N}_{\text{exc}}$ . (mg)	% $^{15}\text{N}_{\text{exc}}$
Palme (Fronds)	69.9	505	748	0.148	79.4	594	867	0.146
Bourre - Coque (BC) (Husk + Shell)	34.1	141	315	0.223	38.9	127	232	0.183
Stipe (Stem)	32.5	94	89	0.095	19.4	76	141	0.186
Flèche (Spear)	2.9	25	82	0.328	3.5	33	100	0.303
Albumen (Meat)	2.0	34	66	0.194	4.5	55	86	0.156
Pédoncules - Epillets (Peduncles - Spikelets)	6.0	29	53	0.183	6.4	19	55	0.289
Toile (Stipule)	4.9	24	20	0.083	6.6	24	35	0.146
Coeur (Bud)	0.3	9	23	0.256	0.2	6	16	0.267
Spathe vertes (Green spathe)	1.1	6	19	0.317	0.9	5	15	0.300
Spathe sèches (Dry spathe)	3.6	13	0	0.000	5.0	16	0	0.000

tillonner toutes les palmes, la teneur en azote total et l'excès de  $^{15}\text{N}$  des feuilles ont été calculés, en considérant que les palmes de rang 2-3, 5 à 8, 10 à 13, 15 à 18, 20 à 23, 25 à 28, 30 à 33, 35 à 38, 40 à 43, et supérieur à 44, avaient les mêmes teneurs respectivement, que les feuilles de rang 1, 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39 et 44.

La répartition générale de la matière sèche est très comparable à celle observée par Ouvrier (1984) sur le même matériel. Les deux cocotiers étudiés semblent donc bien représentatifs de l'hybride PB 121.

La partie feuilles (= feuilles + flèche + toiles) représente plus de la moitié du poids sec des organes aériens. Les régimes (= bourres + coques + albumens + pédoncules + épillets + spathes) et le tronc (= stipe + coeur) ne représentent respectivement que 32 et 16%. D'après les résultats d'Ouvrier (1984), la masse de matière sèche du système racinaire peut être estimée à 15 kg pour les 2 cocotiers.

La distribution de l'azote total dans la plante est en relation avec la répartition de la matière sèche. En effet, la partie "feuilles" renferme 66% de l'azote total contenu dans les parties aériennes, les régimes et le tronc n'en contenant respectivement que 24 et 14%.

L'utilisation de l'isotope stable  $^{15}\text{N}$  nous permet, 3.5 mois après épandage, de localiser l'azote apporté dans les différents organes de la plante. A l'exception des spathes sèches et des toiles, toutes les autres parties du cocotier contenaient des quantités de marquage importantes. Ainsi, l'isotope s'est distribué dans toute la plante. Le pourcentage de récupération de  $^{15}\text{N}$  dans les parties aériennes a été de 35% et 38% respectivement pour le cocotier N° 2602 et N° 3202.

Les excès en  $^{15}\text{N}$  sont en corrélation positive avec les poids secs et les teneurs en azote total (Tabl. I). Les pourcentages d'excès de  $^{15}\text{N}$  les plus élevés ont été enregistrés pour la flèche, le coeur et les spathes vertes. Ceci est certainement logique, car ces parties étaient en croissance au cours de l'expérimentation, et représentaient donc des puits importants pour les éléments nutritifs. A l'inverse, toiles et spathes sèches, dont les tissus n'étaient plus en croissance et avaient une faible activité physiologique, ont des pourcentages très faibles.

Les excès isotopiques du stipe sont élevés, surtout pour le cocotier 3202. Cela est surprenant, car la croissance de cet organe a été pratiquement nulle pendant l'expérimentation. Ce marquage n'est sûrement pas localisé uniquement dans la sève. La même remarque peut être faite pour les feuilles matures. En effet, leur excès isotopique est élevé, compte tenu du fait que la majorité d'entre elles n'était plus en croissance.

Apparemment, le marquage est distribué dans toutes les feuilles. Il en résulte que l'azote  $^{15}\text{N}$  présent dans les différents organes a un turn-over plutôt rapide.

Si l'on suppose que l'absorption de l'azote est la même, qu'il provienne de l'urée ou du sulfate d'ammonium, l'équation (1) permet de calculer, pour chaque partie du cocotier, le pourcentage que représente l'azote venant du fertilisant appliqué au début de l'essai.

Ainsi, pour des tissus jeunes (flèche, coeur, feuille de rang inférieur à 6), 15 à 20 % de l'azote total proviennent de l'apport fertilisant. Le reste résulte d'une remobilisation de l'azote déjà contenu dans les autres parties du cocotier, et de l'absorption d'azote minéralisé à partir de la matière organique du sol. Cependant, la contribution de cette dernière serait minime, du fait de la faible teneur en matière organique du sol.

Les spathes vertes ont un pourcentage d'excès de  $^{15}\text{N}$  très élevé car elles sont associées aux régimes les plus jeunes, donc à des organes en croissance pendant la durée de l'essai. Cependant, étant donné la très faible quantité d'azote  $^{15}\text{N}$  présent dans ces organes, nous n'approfondirons pas leur étude. Nous porterons plutôt notre attention sur les palmes et les régimes.

to 13, 15 to 18, 20 to 23, 25 to 28, 30 to 33, 35 to 38, 40 to 43, and over 44, had the same contents as rank 1, 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44 respectively.

General dry matter distribution is consistent with that observed by Ouvrier (1984) on the same plant. These coconuts therefore seem to be quite representative of hybrid PB 121.

Leaves (= leaves + spear + stipules) represented more than half of the aerial dry weight. Bunches (= husks + shells + meat + peduncles + spikelets + spathes) and stem (= Stem + bud) represented 32 and 16 % respectively. According to Ouvrier (1984), the dry weight of the root systems could be expected to be 15 kg for both coconuts.

Total nitrogen distribution in the plant is related to the distribution of dry matter. Thus "leaves" contained 66 % of total nitrogen of aerial parts, percentages of "bunches" and "trunk" were 24 and 14 % respectively.

Using a stable isotope  $^{15}\text{N}$  enabled us to locate the nitrogen in different parts of the plant 3.5 months after application. Except for dry spathes and stipules, all other parts contained significant amounts of label. Thus the isotope was distributed throughout the plant. Percentages of  $^{15}\text{N}$  recovery in above ground portions of the trees were 35 and 38 %, for trees numbers 2602 and 3202 respectively.

$^{15}\text{N}$  excesses were positively correlated with dry weights and total nitrogen levels (Table I). The highest  $^{15}\text{N}$  excess percentages were recorded for the spear, bud and green spathes. This is most probably logical because these parts were actively growing during the experiment, and represented important sinks for nutrients. In contrast, stipules and dry spathes, which did not grow and had low physiological activity, had low  $^{15}\text{N}$  excess percentages.

Isotopic excesses in the stem were high, especially for tree number 3202, and this is surprising since growth of this organ was nil. It is not likely that this was only in the sap. The same argument holds for mature fronds. Labelling of fronds was heavy considering that most of them were not growing. Nitrogen fertilizer was apparently distributed in all the leaves. It follows that  $^{15}\text{N}$  in different organs has a rather rapid turn-over.

If we suppose that whatever its source, urea or ammonium sulfate, absorption of nitrogen is the same, we can calculate, for each part, the nitrogen percentage coming from fertilizer applied at the beginning of the experiment (according to equation 1).

For young tissues (spear, heart, leaves from ranks 6), 15 to 20 % of total nitrogen came from nitrogen fertilizer. The remaining nitrogen came from a remobilization of N already contained in other parts of the tree and from uptake of nitrogen mineralized from soil organic matter. The contribution from this source would be slight because of the low soil organic matter content.

Green spathes had a high excess  $^{15}\text{N}$  percentage, because they were associated with very young bunches, hence with organs which developed during the experiment. However, as the  $^{15}\text{N}$  content of these organs was very small, we will not examine the results thoroughly. Attention will be given to fronds and bunches.

(1) % N provenant du fertilisant = (%  $^{15}\text{N}$  excès dans l'organe / %  $^{15}\text{N}$  excès dans le fertilisant)  $\times$  100

(1) % N from fertilizer = ( $^{15}\text{N}$  % excess in part /  $^{15}\text{N}$  % excess in fertilizer)  $\times$  100

## Les palmes

Comme le coefficient moyen de variation entre les deux arbres était faible (=11%), et pour simplifier la présentation, chaque point des figures 1, 2 et 3, représente la moyenne des deux cocotiers.

Les poids secs des différentes parties de la palme (Fig. 1) diminuent à partir du rang 20 environ. Or, dans notre expérimentation, c'est justement à partir du rang 20 que les noix portées par les régimes commencent à former leur albumen. La remobilisation des métabolites de la feuille semble coïncider avec la formation de l'albumen.

L'évolution des teneurs en N total est très similaire (Fig. 2) et conforme à celle relevée par Ouvrier (1990). En effet, entre la feuille 4 et 19, aucune perte nette d'azote n'est observée. Par contre, à partir du rang 19, la quantité d'azote total des folioles chute rapidement pour atteindre un plateau dès le rang 29. Cette baisse confirme l'existence de la redistribution des éléments et métabolites contenus dans les feuilles 19 à 29.

La répartition de  $^{15}\text{N}$  est identique pour les folioles pétioles et rachis (Fig. 3). Les feuilles apparues au cours des 4 derniers mois (rang inférieur à 5) ont été beaucoup plus marquées que les feuilles plus âgées. Cela est conforme à ce que l'on attendait. Par contre, le marquage important des feuilles âgées est surprenant. En effet, les palmes 9 à 19 (donc environ de rang 4 à 14 lors de l'épandage), avaient déjà des teneurs en azote maximales au début de l'expérience, alors que celles de rang 24 à 29 (19 à 24 à la mise en place) ont, elles, perdu une grande partie de leur azote pendant l'expérience. Pourtant, bien que le flux net d'azote soit, nul dans le premier cas, et négatif dans le second, une accumulation de  $^{15}\text{N}$  s'est produite. Le pourcentage d'azote provenant de l'engrais apporté en début d'expérience est en moyenne de 4% pour les feuilles de rang supérieur à 24.

Ces observations confirment l'existence d'un influx et d'un efflux d'azote au niveau de chaque feuille, quelque soit son rang. Une partie de l'azote total de la plante semble donc en constant mouvement. Le turn-over de ce pool est relativement rapide, puisqu'en moins de quatre mois, on retrouve des teneurs en  $^{15}\text{N}$  élevées dans toutes les feuilles du cocotier.

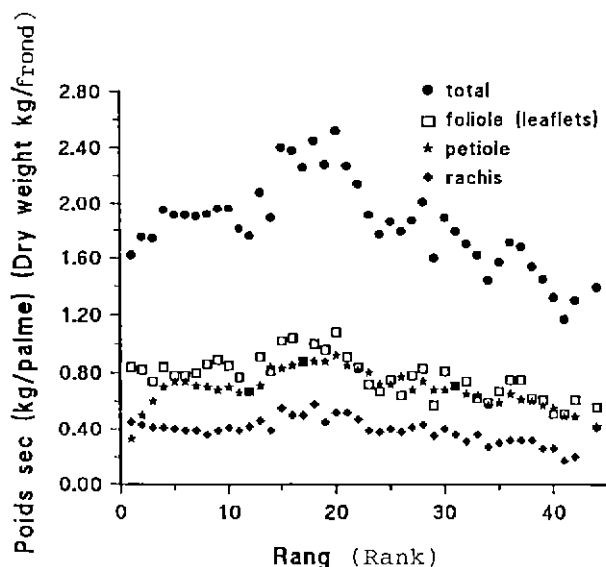


FIG. 1. — Poids sec des différentes parties de la palme, en fonction du rang. — (Dry weights of different parts of the frond versus rank)

## Fronds

Because the mean variation coefficient between the two trees was low (= 11 %) and to simplify presentation, each dot in figures 1, 2 and 3 represents the mean of the two trees

Dry weights for different parts of the frond (Fig. 1) decreased from rank 20 onwards. In our experiment, rank 20 was the point from which nuts on the bunches were forming their meat. Remobilization of leaf metabolites seems to be correlated with meat formation.

Total nitrogen evolution is very similar (Fig. 2), and consistent with that observed by Ouvrier (1990). Indeed, between fronds 4 and 19, no net loss of nitrogen occurred. But from rank 19, total N content of leaflets was reduced but stabilized after rank 29. This reduction provides additional evidence for redistribution of nutrients and metabolites contained in leaves 19 to 29.

Excess  $^{15}\text{N}$  percentages in the leaflets, petioles and rachis are identical (Fig. 3). Leaves that appeared during the last 4 months (rank < 5) were much more labelled than older leaves, and this is consistent with what would be expected. However the extensive labelling of old leaves is surprising. Indeed, fronds 9 to 19 (about 4 to 14 when fertilizer was applied) had already reached their maximum nitrogen levels at the beginning of the experiment, while fronds 24 to 29 (19 to 24 at initiation) lost a great deal of their nitrogen during the experiment. Nevertheless, although net nitrogen flux during the assay was nil in the first case, and negative in the second, an accumulation of  $^{15}\text{N}$  occurred. The percentage of nitrogen from fertilizer in these organs was 4 % on average for leaves above rank 24.

These observations confirm the existence of an influx and efflux of nitrogen in each frond, whatever its rank. Thus a proportion of the nitrogen in coconut seems to be in continuous movement. The turn-over of this pool was rather rapid, since in less than 4 months, high labelling was noted for all fronds.

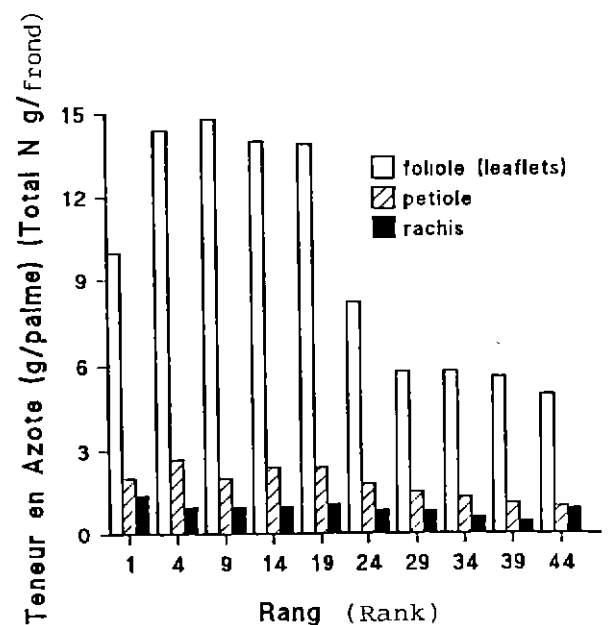


FIG. 2. — Teneurs en azote total des différentes parties de la palme, en fonction du rang. — (Total nitrogen of different parts of the frond versus rank)



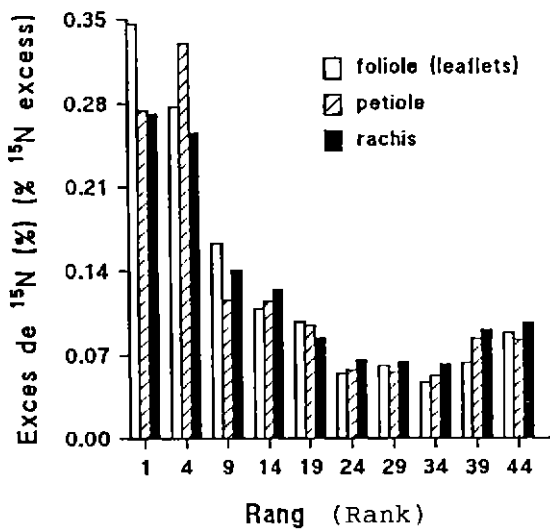


FIG 3 — Excès de  $^{15}\text{N}$  dans les différentes parties de la palme, en fonction du rang. — (Excess  $^{15}\text{N}$  in different parts of the frond versus rank)

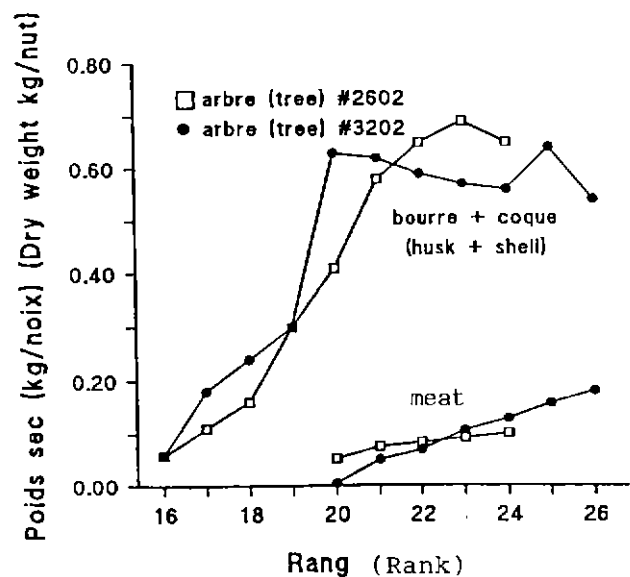


FIG 4 — Poids sec des différentes parties de la noix, en fonction du rang. — (Dry weights of different parts of the nut versus rank)

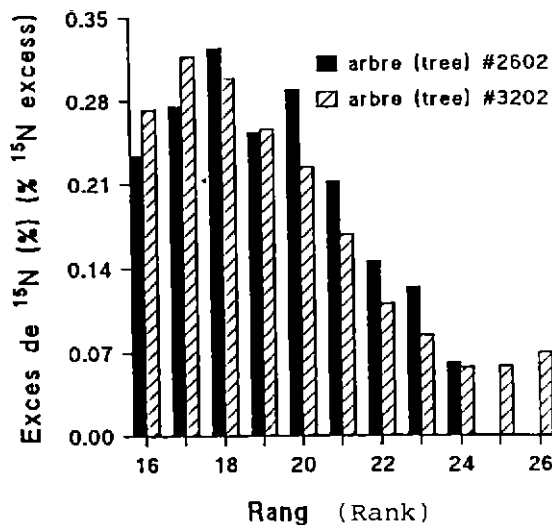


FIG 5. — Pourcentage d'excès de  $^{15}\text{N}$  de la partie bourre + coque, en fonction du rang. — (Percentage of excess  $^{15}\text{N}$  in the husk + shell versus rank)

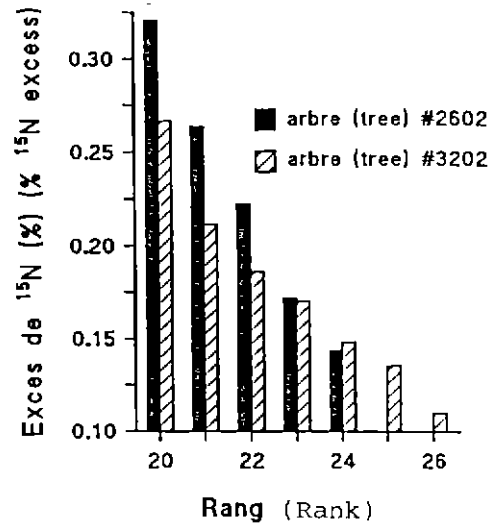


FIG. 6 — Pourcentage d'excès de  $^{15}\text{N}$  de l'albumen, en fonction du rang. — (Percentage of excess  $^{15}\text{N}$  in the meat versus rank)

## Les régimes

L'examen du tableau II permet d'évaluer la croissance des noix durant l'expérimentation. Comme la circonférence des noix des régimes 24, 25, 26 n'a pas augmenté pendant la période d'étude, on peut en conclure que la bourre et la coque de ces régimes avaient déjà achevé leur croissance au début de l'expérience ; ce qui est en accord avec la description de la noix donnée par Frémont *et al.* (1966), et Child (1974). Au moment de la récolte, l'albumen n'était pas encore développé dans les noix du régime de rang 19, pour aucun des deux arbres (Fig. 4). A la fin de l'expérimentation, le rang des feuilles 24 et 26 respectivement pour l'arbre 2602 et 3202, correspondaient en début d'expérimentation, au rang 19 et 22, respectivement pour chaque arbre. Ainsi, à l'exception

## Bunches

Nut growth during the experiment can be evaluated by examination of data in table II. Because the circumference of nuts from bunches at leaf ranks 24, 25 and 26, did not increase during the experiment, it may be concluded that the husks and shells of these bunches were already developed when the experiment was set up, and tallies with the description of nut development provided by Frémont *et al.* (1966) and Child (1974). At harvest, there was no meat in the nuts of either tree at leaf rank 19 (Fig. 4). At the end of the experiment leaf ranks 24 and 26 for trees 2602 and 3202 respectively, corresponded to leaf ranks 19 and 22 respectively for each tree at the beginning of the experiment. Therefore, ex-

des positions 24, 25 et 26 de l'arbre 3202, on peut considérer que tout l'albumen récolté en fin d'essai, s'est développé durant l'expérimentation.

Le pourcentage d'excès de  $^{15}\text{N}$  dans les bourres et les coques est relativement fort pour les rangs 16 à 20 (Fig. 5), et comparables à ceux des palmes qui se sont développées pendant l'expérimentation (Fig. 3). Les données des régimes 10 à 15 ne sont pas reportées sur la figure 5, mais sont comparables à celles des régimes 16 à 20. Le pourcentage d'excès de  $^{15}\text{N}$  dans les bourres et coques est plus faible pour les rangs 21 à 26 (Fig. 5). Il est cependant surprenant que ces bourres et coques contiennent de l'azote marqué puisque leur croissance était déjà achevée au début de l'expérimentation. Ces résultats confirment la mobilité de l'azote dans la plante, même dans ses tissus matures.

cept for ranks 24, 25 and 26 of tree 3202, it may be assumed that all the meat present at harvest developed during the course of the experiment.

The excess  $^{15}\text{N}$  percentage in husks and shells was relatively high for leaf ranks 16 to 20 (Fig. 5) and similar to that in the fronds that developed during the experiment (Fig. 3). Data for bunches 10 to 15 are not given in figure 5, but they are similar to ranks 16 to 20. The excess  $^{15}\text{N}$  percentage in coconut husks and shells was lower for leaf ranks 21 to 26 (Fig. 5). However, it is somewhat surprising that these husks and shells contained excess  $^{15}\text{N}$  since they were already fully developed when the experiment was set up. The data clearly confirm the mobility of nitrogen in the plant even to mature plant tissues.

TABLEAU II. — Nombre de noix portées par les deux arbres lors de la récolte, et évolution de leur circonférence pendant l'expérimentation. — (Number of nuts on two trees at harvest and development of their girth during the experiment.)

Rang <sup>(a)</sup> (Rank)	Cocotier 2602			Cocotier 3202		
	Nombre de noix <sup>(b)</sup> (Number of nuts)	Circonférence (cm) <sup>(c)</sup> (Girth)		Nombre de noix (Number of nuts)	Circonférence (cm) (Girth)	
		Début (Start)	Fin (End)		Début (Start)	Fin (End)
12	33	NP <sup>(d)</sup>	10.8	15	NP	12.7
13	14	NP	12.0	13	NP	14.3
14	11	NP	15.3	10	NP	21.1
15	19	NP	20.3	17	NP	25.7
16	15	NP	26.7	20	NP	31.5
17	10	NP	36.5	10	13.7	41.2
18	13	13.8	43.2	11	18.5	46.8
19	10	20.8	51.3	3	25.3	48.1
20	13	27.3	51.8	3	29.8	51.7
21	10	35.5	53.7	9	41.7	55.2
22	9	42.5	53.0	6	47.0	49.7
23	7	49.0	53.5	7	50.7	51.3
24	6	52.3	52.2	5	55.8	54.3
25	-	-	-	7	52.7	50.5
26	-	-	-	6	52.3	51.3

(a) Rang de la feuille au moment de la récolte. Pour le cocotier 2602, la feuille 12 était au rang 7 au début de l'essai, pour le cocotier 3202, elle correspondait au rang 8. — (Leaf rank at harvest numbering from the top of tree. For tree 2602, leaf 12 was in rank 7 at the start of the experiment, for tree 3202 it corresponded to rank 8.)

(b) Nombre de noix lors de la récolte. — (Number of nuts at harvest.)

(c) Chaque valeur de circonférence est la moyenne de 3 noix. Les valeurs étaient très comparables et variaient de moins de 1 cm. — (The girth value represents the mean for three nuts. Values were similar and varied less than 1 cm.)

(d) NP signifie qu'aucune noix n'était présente en début d'expérimentation. — (NP means that no nut was present at the beginning of the study.)

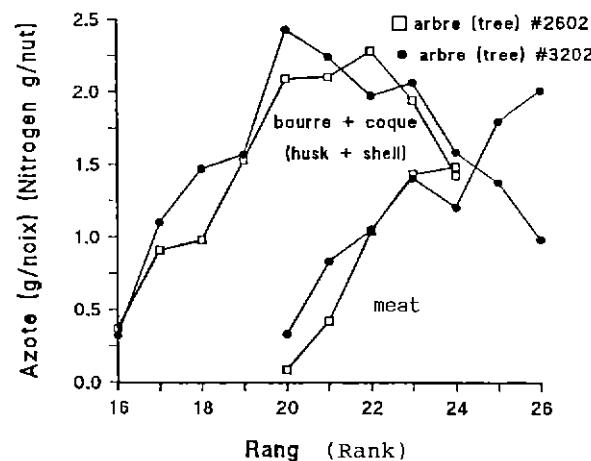


FIG 7 — Teneur en azote total des différentes parties de la noix, en fonction du rang. — (Total nitrogen of different parts of the nut versus rank)

L'examen des pourcentages d'excès isotopique de l'albumen est particulièrement intéressant (Fig. 6). Ils sont relativement faibles, ce qui indique que le fertilisant azoté n'a que peu contribué au développement de l'albumen. Vraisemblablement la majeure partie de l'azote de l'albumen est provenue de la mobilisation de l'azote contenu dans la bourre (principalement) et la coque, comme le montre la figure 7, où se produisent simultanément une baisse de la teneur en azote de la bourre et coque, et une accumulation de N au niveau de l'albumen.

## CONCLUSION

Cet essai a donc permis de mettre en évidence une circulation permanente de l'azote dans tous les organes du cocotier. Ce mouvement est relativement rapide, puisqu'en moins de quatre mois, le marquage isotopique se retrouve dans toute la plante, exception faite des toiles et des spathe sèches.

Les parties en croissance représentent des puits très importants.

La fin de croissance du régime et le début de la formation de l'albumen coïncident avec une remobilisation de l'azote et des métabolites de la feuille axillaire vers les autres parties de la plante.

La nutrition azotée de l'albumen semble être assurée par la partie bourre + coque.

On peut donc s'attendre à ce que l'apport d'un engrais azoté entraîne une absorption et une distribution rapides dans l'ensemble de la plante, à l'exception des régimes portés par les feuilles de rang supérieur à 19. Si la déficience en azote au niveau du régime limite la croissance de l'albumen, l'effet de l'engrais sur la production primaire d'assimilats ne pourrait donc pas se traduire par une amélioration de la production avant 8 à 10 mois. (1)

*The excess  $^{15}\text{N}$  percentage in meat is of particular significance (Fig. 6). It is relatively low, which indicates that the N fertilizer contributed little to meat development. Most of the N in meat probably came from mobilization of nitrogen in the husk and shell, as borne out by data in Figure 7, which shows that the N content of the husk and shell decreased while N was accumulating in the meat.*

## CONCLUSION

*This experiment demonstrated a permanent nitrogen circulation in all the organs of coconut palms. The movement was relatively rapid, because in less than 4 months  $^{15}\text{N}$  was distributed to all parts of the plant, except dry spathe and stipules.*

*Growing parts represented the highest sinks for nitrogen.*

*The end of bunch development and the start of meat formation coincided with a remobilization of nitrogen and metabolites from the axillary leaf to other parts.*

*Nitrogen nutrition of meat comes from the husk and shell.*

*It can be expected that applying a fertilizer results in rapid absorption and distribution throughout the plant, except for the bunches supported by leaves in ranks 19 and over. If nitrogen deficiency at bunch level limits meat development, the effect of fertilizer on primary production of carbohydrates should not result in an increase in production before 8 or 10 months. (1)*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BRUNIN C., COOMANS P. and OUVRIER M. (1975). — Etude de la nutrition minérale des jeunes cocotiers hybrides en pépinière. *Oléagineux*, **30**, (6), 251-258.
- [2] BURESH R.J., AUSTIN E.R. and CRASWELL E.T. (1982). — Analytical methods in  $^{15}\text{N}$  research. *Fert. Research*, **3**, 37-62.
- [3] CHILD R. (1974). — Coconuts. Longman, London, 335p.
- [4] de TAFFIN G., ZAKRA N., BRACONNIER S. and WEAVER R. (1991). — Recherche d'un système stabilisé associant le cocotier à des légumineuses arborescentes. *Oléagineux*, **46**, (12), 489-500.
- [5] FREMOND Y., ZILLER R. and de NUCE de LAMOTHE M. (1966). — Le cocotier. Maisonneuve et Larose, Paris, 267p.
- [6] MANCIOT R., OLLAGNIER M. and OCHS R. (1979). — Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. I. *Oléagineux*, **34**, (11), 499-515.
- [7] MANCIOT R., OLLAGNIER M. and OCHS R. (1979). — Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. II. *Oléagineux*, **35**, (1), 13-27.
- [8] MANCIOT R., OLLAGNIER M. and OCHS R. (1979). — Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. III. *Oléagineux*, **35**, (12), 563-580.
- [9] NELSON D.W. and SOMMERS L.E. (1973). — Determination of total nitrogen in plant material. *Agron. J.*, **65**, 109-112.
- [10] OLLAGNIER M. and WAHYUNI M. (1984). — Nutrition et fumure minérale du cocotier hybride Nain de Malaisie × Grand Ouest Africain. *Oléagineux*, **39**, (8-9), 409-416.
- [11] OUVRIER M. (1982). — Minéralisation du régime du cocotier hybride PB 121, de la fleur à la maturité. *Oléagineux*, **37**, (5), 229-236.
- [12] OUVRIER M. (1984). — Etude de la croissance et du développement du cocotier hybride PB 121 (NJM × GOA) au jeune âge. *Oléagineux*, **39**, (2), 74-82.
- [13] OUVRIER M. (1990). — Evolution de la composition minérale du cocotier hybride PB 121 au jeune âge. *Oléagineux*, **45**, (2), 69-80.
- [14] OUVRIER M. and OCHS R. (1978). — Exportation minérale du cocotier hybride Port Bouet 121. *Oléagineux*, **33**, (8-9), 437-443.
- [15] PILLAI K. and DAVIS T.A. (1963). — Exhaust of macronutrients by coconut palm. A preliminary study. *Indian Coconut Journal*, **16**, (2), 81-87.

(1) Ce travail a été financé par l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique (Projet N° IVC/5/018).

(1) This work was supported by International Atomic Energy Agency (Project N° IVC/5/018).

## RESUMEN

### **Estudio del reparto de un abono nitrogenado en el cocotero híbrido PB121, al aplicar nitrógeno 15**

S. BRACONNIER, N. ZAKRA, R. WEAVER, M. OUVRIER, *Oléagineux*, 1992, 47, N° 2, p. 63-70.

Se realizaron aplicaciones de nitrógeno 15 en 4 cocoteros de 4 años de edad. Al cabo de 3 meses y medio, las partes aéreas fueron cosechadas, y se determinó la distribución de la materia seca, el reparto del nitrógeno total y del nitrógeno marcado. Las hojas equivalen a más de la mitad del peso seco, y a más de las dos terceras partes del nitrógeno total. Los órganos de crecimiento representaban importantes pozos para el nitrógeno. Todas las partes del cocotero contenían nitrógeno marcado, excepto las estipulas de las hojas y las espigas secas, demostrando una circulación del nitrógeno a través de

toda la planta. Poco nitrógeno procediendo de la fertilización estaba distribuido en los racimos maduros, señalando que la nutrición nitrogenada del albumen procede mayormente del mesocarpo y de la cáscara. Por lo tanto, un abono nitrogenado no tendrá influencia sobre la producción sino 8 a 10 meses después de ser aplicado.

**Palabras claves.** — Híbrido PB121, materia seca, distribución del nitrógeno total, nitrógeno 15, nutrición nitrogenada del albumen.